



PATENT

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231 on

May 11, 2001

Eleanor J. Hank  
Eleanor J. Hank

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

U.S. Serial No. 09/778,030  
(Attorney Docket No. H-205706)

Filed: 06-FEB-2001

Ingo Herrmann, et al.

Group Art Unit: 3743

CATALYTIC BURNER FOR A FUEL  
GAS GENERATING STACK SYSTEM

Examiner: N/A

Priority Application Germany 100 07 766.8 filed 20 Feb-2000

TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY OF FOREIGN APPLICATION

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Please enter the enclosed certified copy of German Patent Application Serial No. 100 07 766.8 filed 20-Feb-2000 in the file of the subject US application.

Respectfully submitted,

Lawrence B. Plant  
Reg. No. 22684  
313/665-4708

Enclosure

Detroit, MI 48265-3000

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 100 07 766.8

**Anmeldetag:** 20. Februar 2000

**Anmelder/Inhaber:** General Motors Corporation, Detroit, Mich./US  
Erstanmelder: Adam Opel AG, Rüsselheim/DE

**Bezeichnung:** Brenneranordnung

**IPC:** C 01 B, H 01 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. September 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Ebert

### Brenneranordnung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brenneranordnung für die Verbrennung eines Brenngas-/Sauerstoffgemisches, insbesondere zur Anwendung für die Brenngasaufbereitung bei einem Brennstoffzellensystem.

Brennstoffzellensysteme benötigen Wasserstoff als Energielieferant. Dieser Wasserstoff wird häufig durch einen endothermen Umwandlungsprozeß aus flüssigen Energieträgern mit einem hohen H/C-Verhältnis erzeugt. Die Bereitstellung der notwendigen Prozeßwärme erfolgt durch exotherme Reaktionen, die über autotherme oder allotherme Prozeßführungen eingekoppelt wird. Die Kombination aus Wärmeerzeugungs- und Wasserstoffproduktionseinheit bildet das Brenngasaufbereitungssystem für die eigentliche Brennstoffzellen, die häufig räumlich getrennt vom Brenngasaufbereitungssystem angeordnet werden.

Bei der autothermen Reaktionsführung erfolgt die Wärmeerzeugung und der Wärmeverbrauch direkt innerhalb einer Reaktionszone, das heißt es findet der miteinander gekoppelte Ablauf mindestens einer exothermen und einer endothermen Reaktion statt. Dies führt jedoch zu schlechter Qualität des Produktstromes.

Bei der allothermen Prozeßführung sind die Wärmequelle, d.h. die Brenneranordnung und die Wärmesenke, beispielsweise die Reformiereinheit, geometrisch getrennt, können jedoch unmittelbar nebeneinander angeordnet werden. Dies bedeutet, daß die Reformiereinheit von außen mit Wärme versorgt wird, wobei die Wärme durch eine Kombination aus Konvektion, Konduktion und Strahlung eingekoppelt wird. Mit anderen Wor-

ten sind die exotherme Reaktion in der Brenneranordnung und die endotherme Reaktion in der Reformiereinheit örtlich voneinander getrennt.

Beim allothermen Reaktorkonzept für Brennstoffzellensysteme werden überwiegend katalytische Brenner eingesetzt. Bei der katalytischen Verbrennung erfolgt die Umsetzung der gasförmigen Brenngase mit Sauerstoff (üblicherweise in der Form von Luft zugeführt) an der Oberfläche eines festen Katalysators. Typische Katalysatoren sind die Edelmetalle Platin und Palladium. Durch den Katalysator wird die Energiemenge, die zum Start der Reaktion benötigt wird - die Aktivierungsenergie - herabgesetzt. Dadurch reduzieren sich die Verbrennungstemperaturen deutlich und die thermische  $\text{NO}_x$ -Bildung wird vermieden. Durch den Katalysator wird eine nahezu vollständige Verbrennung der Edukte gewährleistet. Mithin arbeiten die katalytischen Brenner sehr schadstoffarm.

Wegen der genannten Vorteile werden für Brennstoffaufbereitungssysteme in der Regel katalytische Brenner eingesetzt. Jedoch bestehen auch eine Reihe von Nachteilen, zum Beispiel:

- es ist schwierig, die Wärmeeinkopplung effizient zu gestalten, sie erfolgt meist durch Konduktion und Konvektion über ein Trägermedium,
- es entstehen Energieverluste durch die räumliche Distanz zur Wärmesenke,
- die Anordnung neigt dazu, ein großes Bauvolumen zu fördern und weist ein entsprechendes Gewicht auf,
- es entstehen Verzögerungszeiten der Betriebsgrößen im Falle dynamischer Lastwechsel.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, eine Brenneranordnung vorzusehen, die zu einer effizienten Wärmeeinkopplung führt, die Energieverluste durch die räumliche Distanz zur Wärmesenke vermeidet, die ein verhältnismäßig kleines Gewicht aufweist und die so betrieben werden kann, daß die Wärmeerzeugung an dynamische Lastwechselbedingungen mit verhältnismäßig kurzen Verzögerungszeiten besser angepaßt werden kann.

Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die vorliegende Erfindung eine Brenneranordnung für die Verbrennung eines Brenngas-/Sauerstoff- bzw. Luftgemisches vor gekennzeichnet durch einen für das Gemisch durchlässigen Körper, dessen den freien Strömungsquerschnitt definierenden Oberflächenbereiche mit einem Oxidationskatalysator bedeckt sind, durch eine auf einer Eintrittsseite des durchlässigen Körpers angeordnete Zuführeinrichtung für das Gemisch, welche das Gemisch auf zumindest im wesentlichen die gesamte wirksame Eintrittsfläche der Eintrittsseite verteilt, und durch eine der Zuführeinrichtung zugeordnete und die katalytische Verbrennungszone des durchlässigen Körpers von der Gemischzuströmung trennende, für diese jedoch durchlässige Lage, die als Rückzündungssicherung dient.

Der durchlässige Körper ist in Draufsicht vorzugsweise viereckig, insbesondere quadratisch, und läßt sich daher in einer sandwichartigen Struktur mit abwechselnden Zonen der Wärmeerzeugung und des Wärmeverbrauches einfügen, und zwar trotz der Tatsache, daß der durchlässige Körper senkrecht zu seiner Flächenausdehnung und nicht entlang seiner Flächenausdehnung durchströmt wird, wie beispielsweise bei dem bekannten Brennstoffaufbereitungssystem nach der EP-A-0 861 802 der Fall ist.

Bei diesem Brennstoffaufbereitungssystem wechseln sich die Zonen für die katalytische Verbrennung, Reformierung, Verdampfung, Überhitzung usw. miteinander ab, wobei eine stark endotherme Reaktionsstufe wie die Reformierung notwendigerweise auf beiden Seiten von wärmeliefernden Verbrennungsstufen umgeben sein muß. Die katalytische Verbrennung findet dort konventionell an Pellets statt, die in einer flachen Zone räumlich fixiert werden, wobei die Gemischströmung entlang der flachen Zone erfolgt. Die oben genannten Probleme gelten auch hier. Es hat sich herausgestellt, daß Anordnungen mit katalytischen Pellets aus verschiedenen Gründen nachteilig sind.

Die Brenneranordnung gemäß der vorliegenden Erfindung erfordert zwar eine gewisse Bauhöhe, hat jedoch den grundlegenden Vorteil, daß bei Inbetriebnahme der Brenneranordnung und ggf. im Betrieb nicht nur eine katalytische Verbrennung, sondern auch eine normale Verbrennung an oder unmittelbar oberhalb der Austrittsseite des durchlässigen Körpers stattfinden kann. Hierdurch führt die erzeugte Wärme einerseits zu einer raschen Aufwärmung des mit Katalysator beschichteten durchlässigen Körpers, ohne daß die Brenneranordnung mit vorgewärmten Gasen beschickt werden muß. Andererseits erfolgt eine effiziente Wärmeübertragung an die benachbarte endothermische Stufe bzw. an die benachbarten endothermischen Stufen und zwar sowohl bei Inbetriebnahme der Brenneranordnung mit Hilfe der normalen Verbrennung als auch bei katalytischer Verbrennung im durchlässigen Körper nach erfolgter Inbetriebnahme. Die Wärmeauskopplung erfolgt hauptsächlich durch Strahlung an den jeweils gegenüberliegenden Flächen. Dies ist sehr effizient, da nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz die Temperaturen mit der vierten Potenz

eingehen. Konvektion und Konduktion finden ebenfalls statt. Ihr Anteil an der Wärmeübertragung ist jedoch deutlich geringer.

Im stationären Betrieb des Brennstoffaufbereitungssystems ergibt sich eine einfache Kontrolle desselben, da die Oberflächentemperaturen der Brenneranordnung über den Enthalpiestrom des eintretenden Brenngases exakt eingestellt werden können. Über den Strahlungswärmeaustausch kann der Wärmestrom in die Reformierungszone bzw. in die Reformierungszonen gesteuert werden. Da der Brenner nahezu vollständig katalytisch arbeitet, sind die Schadstoffemissionen sehr gering.

Die Exergie der heißen Brennerabgase kann über eine Wärmerückgewinnungseinrichtung, wie beispielsweise einen Wärmetauscher wieder sinnvoll in den Prozeß eingekoppelt werden und geht daher nicht verloren.

Bei dynamischem Betrieb des Brennstoffaufbereitungssystems, zum Beispiel bei mobilem Einsatz in einem PKW bestehen sehr strenge Lastwechselanforderungen bezüglich des Wasserstoffbedarfes in der Brenneranordnung. Das Brennstoffaufbereitungssystem muß imstande sein, diesen Wasserstoffbedarf abzudecken. Die Zeitkonstanten für Änderungen des Wasserstoffstromes liegen im Millisekundenbereich, wodurch unterschiedliche Anforderungen an die katalytische Brenneranordnung resultieren. Diese muß nämlich imstande sein, schnelle Lastzyklen für die Eduktstoffströme zu realisieren, eine vollständige Umsetzung der Edukte innerhalb dieser Zeitkonstanten zu erreichen und eine effiziente und ausreichend schnelle Wärmeübertragung sicherzustellen. Das Management der Stoffströme, d.h. das Ein- und Ausschalten und die Regulierung der Stoffströme stellt systemtechnisch kein Hindernis dar. Die Modulation eines rein katalytisch arbeitenden Brenners hingegen kann innerhalb der

oben genannten Zeitkonstanten nicht realisiert werden. Die vollständige Umsetzung sich ändernder Eduktströme liegt im Sekundenbereich. Ein herkömmlicher, rein katalytischer Brenner reagiert bei Lastwechselsprüngen zu langsam. Eine vollständige Verbrennung kann nicht stattfinden. Es ist jedoch möglich, unter Anwendung der Erfindung durch die ebenfalls zulässige homogene Flammenverbrennung, die Brenneranordnung so auszulegen, daß sie diesen kritischen dynamischen Anforderungen genügen kann. Die Flammenverbrennung kann durch elektrische Zündung initiiert werden. Wenn die Zündung aktiv ist, werden schnell wechselnde Brenngasströme in eine Flamme umgesetzt. Die Emissionen bei dieser heterogen unterstützten Verbrennung sind zwar höher als bei rein katalytischer Fahrweise, jedoch innerhalb vernünftigen Grenzen zu halten.

Mit anderen Worten wird die Aktivierung der Zündung dem jeweiligen Lastzyklus angepaßt. Hierfür ist ein durchdachtes Regelungsprinzip erforderlich, um sicherzustellen, daß der erforderliche Wärmehaushalt für die endothermen Zonen eingehalten wird. Dies beinhaltet die Regelung der Stoffströme von Brenngas und Luft, die Verteilung der Stoffströme über die katalytische Oberfläche, die Einhaltung einer entsprechenden Oberflächentemperatur sowie das bedarfsgerechte Einschalten der Zündung. Der katalytische Brenner kann so dimensioniert werden, daß sich der heterogen unterstützte Betrieb mit Flammenverbrennung bei dynamischem Betrieb automatisch einstellt, während bei stationärem Betrieb die rein katalytische Fahrweise stattfindet. Die Wärmeauskopplung über Strahlung ist, wie oben bereits gesagt, schnell und effizient. Es wird als großer Vorteil gesehen, daß die erfindungsgemäße Brenneranordnung imstande ist, innerhalb eines kompakten Brennstoffaufbereitungssystems den dynamischen Bedingungen bei mobilem Einsatz gerecht zu werden.



Die erfindungsgemäße Brenneranordnung eignet sich somit als dezentrale Wärmequelle innerhalb eines kompakten Brennstoffaufbereitungssystems, sowohl für stationärem als auch mobilem Einsatz und bietet zusammengefaßt folgende Vorteile:

- geringes Volumen und Gewicht,
- minimierte Wärmeverluste durch die Abfolge von Wärmequellen und -senken,
- effiziente und schnelle Wärmeeinkopplung über Strahlung,
- Möglichkeit von schnellen Lastwechselzyklen,
- Minimierung der Schadstoffemissionen durch katalytische Verbrennung,
- gezieltes Management von Wärme- und Stoffhaushalt.

Besonders bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind den Ansprüchen zu entnehmen und werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des Prinzips einer erfindungsgemäßen Brenneranordnung,

Fig. 2 eine schematische Zeichnung zur Erläuterung, wie die erfindungsgemäße Brenneranordnung in ein Brennstoffaufbereitungssystem integriert werden kann,

Fig. 3 eine Weiterbildung der Anordnung gemäß Fig. 2, um ein Beispiel zu geben, wie ein schichtartiger Aufbau eines Brennstoffaufbereitungssystems im Prinzip möglich ist,

- Fig. 4 eine Darstellung einer ersten praktischen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brenneranordnung in einer perspektivischen, auseinandergezogenen Darstellung,
- Fig. 5 die Zuführeinrichtung der erfindungsgemäßen Brenneranordnung gemäß Fig. 4 in Pfeilrichtung V der Fig. 4 gesehen,
- Fig. 6 eine perspektivische Darstellung der Zuführeinrichtung gemäß Fig. 5, in einem kleineren Maßstab,
- Fig. 7 eine Draufsicht auf eine Rückzündungssicherung der erfindungsgemäßen Brenneranordnung gemäß Fig. 4,
- Fig. 8 einen Querschnitt durch die erfindungsgemäße Rückzündungssicherung der Fig. 7 nach der Schnittlinie VIII-VIII in Fig. 7,
- Fig. 9 eine Draufsicht auf die Abgasführung der erfindungsgemäßen Brenneranordnung der Fig. 4,
- Fig. 10 einen Querschnitt durch die Abgasführung der Fig. 9 entsprechend der Schnittebene X-X in Fig. 9,
- Fig. 11 eine Darstellung einer platzsparenden Verwendung zweier Zuführeinrichtungen gemäß Fig. 5 zur Speisung zweier erfindungsgemäßer Brenneranordnungen und
- Fig. 12 eine Darstellung ähnlich der Fig. 10, bei der jedoch die von der Brenneranordnung erzeugte Wärme durch Strahlung in eine Reformiereinheit eingekoppelt wird, wobei die Reformiereinheit Strahlungswärme von beiden Seiten erhält.

Die Grundeinheit einer erfindungsgemäßen katalytischen Brenneranordnung 10 hat den schematischen Aufbau gemäß Fig. 1. Das vorgewärmte Brenngas-/Sauerstoffgemisch, hier in Form einer Brenngas-/Luftmischung, tritt durch eine Zufuhrstütze 12 einer Zufuhreinrichtung 14 in die Brenneranordnung 10 ein. Obwohl die Zufuhrstütze 12 in Fig. 1 unterhalb der Brenneranordnung 10 gezeigt ist und auch tatsächlich unterhalb der Brenneranordnung 10 angeordnet werden kann, wird sie vorzugsweise seitlich in die Zufuhrrichtung 14 eingeführt, wie nachher näher erläutert wird.

Innerhalb der Zufuhreinrichtung 14 befinden sich in diesem Beispiel Stege 16, die dafür sorgen, daß das einströmende Gemisch über die gesamte wirksame Eintrittsfläche der Eintrittsseite 18 des durchlässigen Körpers 20 verteilt wird. Der durchlässige Körper 20 besteht in diesem Beispiel aus einem durchlässigen monolithischen Körper aus Keramik, beispielsweise in einer Form, die an sich für Abgasreinigungskatalysatoren bekannt ist, wobei die Oberflächenbereiche des keramischen Körpers, die dessen freien Strömungsquerschnitt definieren, mit einem geeigneten Oxidationskatalysator, beispielsweise Platin oder Palladium, bedeckt sind. Der durchlässige Körper 20 könnte alternativ aus Metall bestehen, wie später erläutert wird.

Zu der Zufuhreinrichtung 14 gehört auch eine durchlässige Lage 22, die als Rückzündungssicherung oder Rückschlagsicherung dient und verhindert, daß bei einer entstandenen Flammenverbrennung Verbrennungsflammen rückwärts in die Zufuhreinrichtung 14 schlagen und zu der Verbrennung der dort vorhandenen Mischung führen. Die Rückschlagsicherung 22 kann im Prinzip aus jeder temperaturbeständigen Lage bestehen mit Poren oder Öffnungen, die klein genug sind, um das Fortpflanzen von

Flammen in die Einrichtung hinein zu verhindern. Die Lage besteht vorzugsweise aus einem gelochten Blechteil, das später im Zusammenhang mit Fig. 4 und den nachfolgenden Figuren näher erläutert wird.

Zwischen den durchlässigen Lagen, die die Rückzündungssicherung bilden, und der Eintrittsfläche 18 des durchlässigen, mit Katalysator bedecktem Körper, d.h. des Katalysatorträgers, befindet sich ein Abstand 24, der für die gleichmäßige Verteilung des Brenngasgemisches auf die Eintrittsfläche 18 ebenfalls sorgt, damit alle Bereiche des durchlässigen Körpers an der katalytische Verbrennung teilnehmen können.

Die durchlässige Lage 22, die die stromabwärts liegende Reaktionszone, d.h. den Katalysatorkörper 20, von der Gemischzuströmung trennt, dient nicht nur als Rückzündungssicherung, was insbesondere bei Wasserstoffbefeuerung der Brenneranordnung wichtig ist, sondern auch als Temperaturbarriere. Der durchlässige Körper 20, der hier als keramischer Monolith realisiert ist, muß nicht zwangsweise aus Keramik angefertigt werden. Hier kämen auch mit Katalysator beschichtete metallische Strukturen in Frage, insbesondere Metallnetze, die beispielsweise aus einem Drahtgeflecht, beispielsweise ähnlich einem Metallscheuerschwamm, oder aus einem Metallschaum bestehen können. Monolithe und Metallnetze unterschiedlicher Geometrien sind vorstellbar. Wichtig ist, daß die Dicke der katalytisch aktiven Zone entsprechend der vorgesehenen Brenngasmenge für eine vollständige katalytische Umsetzung derselben dimensioniert ist.

Hinter der katalytisch aktiven Zone sitzt eine elektrische Zündung 26, die nach Belieben ausgebildet werden kann, beispielsweise als eine Funkenstrecke, als ein piezoelektrischer Zünder oder als ein Widerstandsdraht.

Beim Startbetrieb des Brenners erfolgt die Zündung des Gemisches unter Anwendung der elektrischen Zündung. Es setzt eine normale Flammenverbrennung auf der Oberseite 30 des durchlässigen Körpers 20 ein. Diese homogene Verbrennung sorgt für hohe Temperaturen, so daß einerseits Wärme in Pfeilrichtung 28 von dieser Flammenverbrennung abgestrahlt wird, andererseits erwärmt sich die katalytisch aktive Zone, d.h. der durchlässige Körper 20, entsprechend. Ab einem Temperaturniveau von 300°C setzt dann die heterogen katalysierte Reaktion am Katalysator, d.h. an den mit Katalysator bedeckten Oberflächenbereichen des durchlässigen Körpers 20, ein. Je nach verwendetem Brenngas stabilisiert sich die Temperatur in dieser katalytisch aktiven Zone auf einem Niveau zwischen 400 und 800°C. Es findet eine nahezu vollständige Umsetzung durch heterogene Katalyse statt. Eine homogene Nachverbrennung findet nicht statt, und die elektrische Zündung ist nicht aktiv. Die Schadstoffemissionen sind in dieser stationären Betriebsphase äußerst gering. Die Wärmeauskopplung erfolgt hauptsächlich durch Strahlung entsprechend der Pfeilrichtung 28 zu einer der Austrittsseite 30 des durchlässigen Körpers 20 gegenüberliegenden Einrichtung, beispielsweise zu einer endothermischen Stufe eines Brennstoffaufbereitungssystems. Dies ist sehr effizient, da nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz die Temperaturen mit der vierten Potenz eingehen. Konvektion und Konduktion finden ebenfalls statt, ihr Anteil an der Wärmeübertragung ist jedoch deutlich geringer.

In diesem stationären Betrieb ergibt sich eine einfache Kontrolle des Brennstoffaufbereitungssystems, da die Oberflächentemperaturen der Brenneranordnung, hier als Strahlungsbrenner funktionierend, über den Enthalpiestromes des eintretenden Brenngases exakt eingestellt werden können.

Die Abgase der katalytischen Verbrennung bestehen aus vollständig umgesetztem Brennerabgas, vorwiegend aus  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ . Die Exergie dieser heißen Brennerabgase kann beispielsweise über eine seitliche Abgasführung mittels eines Wärmetauschers sinnvoll in den im Brennstoffaufbereitungssystem stattfindenden Prozessen ausgenutzt werden.

Unterstellt man, daß die erfindungsgemäße Brenneranordnung 10 in einem Brennstoffzellenantriebssystem eines PKW oder LKW eingebaut ist, und daß dieser im Teillastbereich fährt, so wird während dieses Teillastbetriebs nur soviel Wärme in der Brenneranordnung 10 erzeugt, die beispielsweise notwendig ist, um die Reformierungsarbeit in einer angeschlossenen Reformierungseinheit durchzuführen, damit diese ausreichende Mengen eines wasserstoffsreichen Synthesegases für die Brennstoffzellen zur Verfügung stellt. Wird sofort mehr Leistung verlangt, beispielsweise um ein Überholmanöver durchzuführen, so wäre es aufgrund der Trägheit der katalytischen Verbrennung unter Umständen nicht möglich, die Wärmeabgabe der katalytischen Brenneranordnung 10 so zu steigern, daß auch die Reformierungsarbeit erhöhte Mengen an wasserstoffreichem Synthesegas sofort zur Verfügung stellt. Um hier Abhilfe zu schaffen, kann die elektrische Zündung 26 nochmals eingeschaltet werden, so daß die zusätzlich zugeführte Brenngasmenge, die schlagartig erhöht werden kann, teilweise katalytisch und teilweise über eine homogene Flammenverbrennung an oder kurz oberhalb der Austrittsseite 30 des durchlässigen Körpers 20 in Wärme umgesetzt wird, wodurch die erforderliche erhöhte Wärmemenge für die Reformierungsarbeit kurzfristig zur Verfügung gestellt wird. Mit anderen Worten ist der Bereich oberhalb der Austrittsseite 130 des durchlässigen Körpers 120 als ein Verbrennungsraum konzipiert bzw. ausgebildet.

Die Brenneranordnung 10 gemäß Fig. 1 kann nun leicht modifiziert werden in dem Sinne, daß die Zufuhreinrichtung 14 nunmehr das Brennstoffgemisch zu zwei durchlässigen Körpern 20 speist, das heißt, das Gemisch einmal nach oben, wie in Fig. 1 gezeigt, und einmal nach unten speist. Hierfür ist es erforderlich, unterhalb der seitlich angeordneten Stütze 12 eine zweite poröse Lage und im Abstand unterhalb dieser zweiten porösen Lage einen weiteren durchlässigen, mit Katalysator bedeckten Körper vorzusehen (in Fig. 1 nicht gezeigt). Die so erreichte Brenneranordnung wird dann nicht nur Wärme entsprechend dem Pfeil 28 nach oben, sondern auch in der entgegengesetzten Richtung nach unten vom weiteren durchlässigen Körper 20 abstrahlen.

Wie eine solche zweiseitig abstrahlende Brenneranordnung ausgenutzt werden kann, geht aus der schematischen Zeichnung der Fig. 2 hervor.

In dieser Zeichnung deutet das Bezugszeichen 50 auf eine solche doppelte Anordnung hin, d.h. die soeben beschriebene doppelte Anordnung der Grundanordnung von Fig. 1. Es sind in Fig. 2 zwei solche doppelte Anordnungen 50 vorgesehen. Dazwischen ist eine Überhitzungszone 52 eines Brennstoffaufbereitungssystems angeordnet, so daß diese Überhitzungszone 52 Strahlungswärme von beiden Seiten von den beiden Brenneranordnungen 50 erhält. Oberhalb der oberen Brenneranordnung 50 befindet sich außerdem eine Verdampfungszone 54, die gemäß Fig. 2 nur einseitig von Strahlungswärme der oberen erfindungsgemäßen Brenneranordnung 50 versorgt wird. Unterhalb der unteren Brenneranordnung 50 befindet sich eine Reformierungszone 56 des Brennstoffaufbereitungssystems, die nur von oben von der unteren erfindungsgemäßen Brenneranordnung 50 mit Strahlungswärme versorgt wird. In der Praxis erfordert die Reformie-

rungszone 46 eine starke Wärmezufuhr, so daß die Anordnung gemäß Fig. 2 in einem praktischen Beispiel unter Umständen zu verdoppeln wäre, wie in Fig. 3 gezeigt.

Die konkrete Auslegung von Brennstoffaufbereitungssystemen ist nicht Bestandteil der vorliegenden Erfindung. Die Auslegung von Brennstoffaufbereitungssystemen ist jedoch in der Praxis gut bekannt, wie beispielsweise in der oben genannten EP-A 0 861 802 beschrieben.

Es gilt hier lediglich zum Ausdruck zu bringen, daß die Reformierungszone 56 die Aufgabe hat, ein wasserstoffreiches Synthesegas zu erzeugen. In dem Beispiel gemäß Fig. 2 wird in der Reformierungseinheit Methanol und Wasser zu diesem wasserstoffreichem Synthesegas umgewandelt. Zu diesem Zweck fließen zunächst flüssiges Methanol und Wasser entsprechend dem Pfeil 58 in die Verdampfungszone 54 ein. Hier werden sie verdampft und strömen dann in Gasform entsprechend dem Pfeil 60 in die Überhitzungszone ein. Hier wird die Temperatur der Gase weiter erhöht. Sie werden schließlich entsprechend dem Pfeil 62 der Reformierungszone 56 zugeführt, aus der das erwünschte wasserstoffreiche Synthesegas entsprechend dem Pfeil 64 strömt. Dieses wasserstoffreiche Synthesegas wird dann unmittelbar den Brennstoffzellen, dem sogenannten Stack, zugeführt, um dort elektrische Energie für den Antrieb eines Fahrzeuges oder für andere Zwecke zu erzeugen.

Die heißen Abgase aus den erfindungsgemäßen Brenneranordnungen 50 werden über ein Kanalsystem 66 zusammengeführt und entsprechend dem Pfeil 68 abgeführt. Da diese Abgase bedeutende Mengen an Wärmeenergie aufweisen, werden sie üblicherweise einem Wärmetauscher zuge-



führt, so daß die dort enthaltende Wärme wiedergewonnen und für die insgesamt durchzuführenden Prozesse verwendet werden können.

Fig. 3 zeigt im Prinzip das gleiche wie Fig. 2, jedoch mit dem Unterschied, daß jetzt vier erfindungsgemäße Brenneranordnungen 50 vorgesehen sind und die Reformierungszone 56 nunmehr Wärme von oben und unten erhält.

Die in Fig. 2 verwendeten Bezugszeichen sind ebenfalls in Fig. 3 eingetragen und die Beschreibung der entsprechend bezeichneten Elemente gilt ebenfalls für die Anordnung gemäß Fig. 3. Man sieht hier, daß die Verdampfungszone 54 und die Überhitzungszone 52 zweimal vorkommen. Bei einem praktischen Brennstoffaufbereitungssystem können die einzelnen Elemente mehrfach vorhanden sein und die Erfindung ermöglicht hier einen modularen Aufbau. Bei einem praktischen Brennstoffaufbereitungssystem kommen auch andere Aufbereitungsstufen zur Anwendung, die ebenfalls in die hier gezeigte Struktur integriert werden können.

Eine konkrete Auslegung einer erfindungsgemäßen Brenneranordnung entsprechend der Fig. 1 wird nunmehr mit Bezug auf die Fig. 4 bis 12 näher erläutert.

Es werden hier die gleichen Bezugszeichen verwendet wie beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1, jedoch um die Grundzahl 100 erhöht. Die für Teile in Fig. 1 mit entsprechenden Bezugszeichen gegebene Beschreibung gilt auch hier, es sei denn, es wird etwas Gegenteiliges gesagt.

Die erfindungsgemäße Brenneranordnung 110 der Fig. 4 besteht aus einer Zufuhreinrichtung 114 mit einer seitlichen Gaszufuhrstütze 112 und ist in zusammengebautem Zustand über einen Flansch 115 und eine Dich-

tung 117 mit einem Flansch 119 eines Gehäuses 121 zusammenschraubt, durch Schrauben, die sich durch entsprechende Bohrungen wie 123, 125 und 127 erstrecken. Das Gehäuseteil 121 ist fest mit einer Abgasführung 129 verbunden, die an einen seitlichen Anschluß 131 für eine Abgasleitung mündet.

Man merkt, insbesondere auch aus den Fig. 5 und 6, daß die Zufuhrstütze 112 über ein Zwischenstück 131 mit einem keilförmigen Zufuhrraum 133 derart verbunden ist, daß das Brenngas-/Sauerstoffgemisch, das über die Stütze 112 in die Zufuhreinrichtung 114 eingeführt wird, über die volle Breite B in Fig. 6 des Zufuhrtraumes 133 verteilt wird. Durch die keilförmige Gestalt des Zufuhrtraumes 133, wie aus Fig. 5 ersichtlich, werden die einströmenden Gase nach oben in Fig. 5 umgelenkt und gleichmäßig über die Länge L und Breite B der stirnseitigen Öffnung 133 der Zufuhreinrichtung 114 verteilt. Ein poröser Filter, der ebenfalls als weitere Rückzündungssicherung dient, kann in der Zufuhreinrichtung 114 eingebaut werden, beispielsweise am Übergang zwischen dem Zwischenstück 131 und dem Zufuhrraum 133.

Man merkt auch aus Fig. 6, daß die obere Stirnseite der Luftzufuhreinrichtung 114 eine umlaufende Stufe 135 aufweist. Diese nimmt die Unterseite des Teils 137 auf, die in den Fig. 7 und 8 einfacher zu erkennen ist und aus einem Lochblech besteht, das die Rückzündungssicherung 122 bildet. Das die Rückzündungssicherung bildende Lochblech 122 hat schlitzzartige Öffnungen 139, die in Reihen in regelmäßigen Abständen angeordnet sind, wobei jede Reihe gegenüber der benachbarten Reihe um eine halbe Teilung versetzt ist. Die Schlitze sind so dimensioniert, daß eine sich im Raum 124 oberhalb des Lochbleches ausbildende Flamme das im

Raum 133 unterhalb des Lochbleches befindliche Gemisch nicht entzünden kann.

Der Wandbereich 141 des Teils 137 paßt im zusammengebauten Zustand in das Gehäuse 121.

Aus Fig. 4 und vor allem aus den Fig. 7 und 8 ist ein Abstandshalter 143 ersichtlich, der vier kreuzweise zueinander angeordnete Arme aufweist und dafür sorgt, daß der durchlässige Körper 120 in einem Abstand oberhalb des Lochbleches 122 gehalten wird, so daß das Gemisch, das durch die Schlitzte in den entsprechenden Raum 124 hineinströmt, sich gleichmäßig über die Eintrittsfläche 118 des durchlässigen mit Katalysator bedeckten Körper 120 verteilen kann.

Oberhalb des durchlässigen Körpers 120 befindet sich, wie aus Fig. 4 ersichtlich, ein weiteres Kreuz 145, das innerhalb des Gehäuses 121 gefangengehalten wird und dafür sorgt, daß der durchlässige Körper 120 zwischen sich selbst und dem Abstandshalter 143 festgehalten wird. Die elektrische Zündung ist der Einfachheit halber hier nicht gezeigt. Die heißen Abgase aus der katalytischen Verbrennung im bzw. am durchlässigen Körper 120 können ungehindert am Kreuz 145 vorbeiströmen und werden aufgrund der ebenfalls keilförmigen Abgasführung 129 zu dem Anschluß 131 geleitet.

Die hier mit 151 gekennzeichneten Teile stellen lediglich Öffnungen für Meßinstrumente dar, die bei einem praktischen Beispiel nicht vorhanden wären. Die Abgasführung 129 ist in Fig. 4 doppelwandig ausgeführt. Die äußere Wand ist beispielsweise bei 153 (siehe auch Fig. 4) zu erkennen, um zu verhindern, daß die heißen Abgase zu Verbrennungen führen.

Die keilförmige Gestalt der Zufuhreinrichtung 114 hat nicht nur den Vorteil, daß sie die Verteilung des zuströmenden Gasgemisches über die gesamte Eintrittsfläche 118 des durchlässigen Körpers 120 fordert, sondern daß, wie in Fig. 11 gezeigt, zwei Zufuhreinrichtungen 114, 114' entgegengesetzt zueinander angeordnet werden können, so daß die entsprechenden Stirnflächen 133 und 133' parallel zueinander verlaufen, ohne daß die gesamte Bauhöhe der beiden Zufuhreinrichtungen 114, 114' übermäßig groß wird. Man sieht hieraus, daß eine doppelte Brenneranordnung dadurch erreicht werden kann, wenn eine zweite Brenneranordnung gemäß Fig. 4 in umgekehrter Form direkt benachbart zur Zufuhreinrichtung 114 der Fig. 4 angeordnet wird, wobei, wie in Fig. 11 gezeigt, es nicht notwendig ist, eine doppelte schräggestellte Trennwand 157 vorzusehen. Eine einfache Wand reicht hier vollkommen aus.

Wie zum Ausdruck gebracht, dient die erfindungsgemäße Brenneranordnung hauptsächlich dazu, Strahlungswärme an endothermische Reaktionspositionen eines Brennstoffaufbereitungssystems zu liefern, die naturgemäß der Austrittsfläche 130 (Fig. 4) des durchlässigen Körpers 120 gegenüberliegend anzuordnen sind. Wie dies erreicht werden kann, zeigt Fig. 12, bei der zwei Abgasführungen 129, 129' ähnlich der Abgasführung 129 der Fig. 4 einander benachbart angeordnet sind mit einer Reformierungszone 156 dazwischen angeordnet. Hier bilden die Außenseiten der Reformierungszone 156, deren Konstruktion nicht im Detail gezeigt ist, selbst die obere bzw. untere Begrenzung der entsprechenden Abgasführungen 129', damit die von den entsprechenden Brennern abgestrahlte Wärme direkt und ungeschwächt in der Reformierungszone 156 zur Wirkung kommt.

Obwohl die hier gezeigten schrägen Wände der Zufuhreinrichtungen 114, 114' und der Abgasführungen 129, 129' eine bevorzugte Ausführungsform darstellen, sind sie nicht zwingend erforderlich - die notwendigen Umlenk- und Verteilungsfunktionen können auch anders gelöst werden.

Patentansprüche

- 5    1.    Brenneranordnung (10, 50, 110) für die Verbrennung eines Brenngas-/Sauerstoffgemisches gekennzeichnet durch einen für das Gemisch durchlässigen Körper (20, 120), dessen den freien Strömungsquerschnitt definierenden Oberflächenbereiche mit einem Oxidationskatalysator bedeckt sind, durch eine auf einer Eintrittsseite des durchlässigen Körpers angeordnete Zuführeinrichtung (14, 114) für das Gemisch, welche das Gemisch auf zumindest im wesentlichen die gesamte wirksame Eintrittsfläche (18, 118) der Eintrittsseite verteilt, und durch eine der Zuführeinrichtung (14, 114) zugeordnete und die katalytische Verbrennungszone des durchlässigen Körpers (20, 120) von der Gemischzuströmung trennende, für diese jedoch durchlässige Lage (22, 122), die als Rückzündungssicherung dient.
- 15
2.    Brenneranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die durchlässige Lage von der Eintrittsseite des durchlässigen Körpers einen Abstand (24, 124) aufweist.
- 20
3.    Brenneranordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine elektrische Zündungseinrichtung (26) vorgesehen ist.
- 25
4.    Brenneranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Zündungseinrichtung auf der Austrittsseite (30, 130) des durchlässigen Körpers (20, 120) angeordnet ist.

5. Brenneranordnung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündungseinrichtung (26) aus der Gruppe der nachfolgenden Einrichtungen ausgewählt ist:

- 5
- Fünkenstrecke,
  - Widerstandsdraht,
  - Piezoelektrischer Zünder.

6. Brenneranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Austrittsseite (30, 130) des durchlässigen Körpers (20, 120) eine Wärmesenke (52, 54, 56, 156) vorgesehen ist die Strahlungswärme vom durchlässigen Körper erhält.

- 15 7. Brenneranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgase der Brenneranordnung (10, 50, 110) zwischen der Austrittsseite (130) des durchlässigen Körpers und der Wärmesenke (52, 54, 56, 156) durch einen seitlichen Auslaß (131) abgeführt sind.

- 20 8. Brenneranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der durchlässige Körper (20, 120) in Draufsicht viereckig, insbesondere quadratisch, ist.

- 25 9. Brenneranordnung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß auf der den durchlässigen Körper (20, 120) abgewandten Seite der Zuführeinrichtung (14, 114) ein weiterer, für das Gemisch durchlässiger Körper (20, 120) vorgesehen ist, dessen den freien Strömungsquerschnitt definierende Oberflächenbereiche  
30 ebenfalls mit einem Oxidationskatalysator bedeckt sind, wobei eine

weitere die katalytische Verbrennungszone des weiteren durchlässigen Körpers (20, 120) von der Gemischzuströmung trennende, für diese jedoch durchlässige Lage (22, 122) vorgesehen ist, die als Rückzündungssicherung dient.

5

10. Brenneranordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuführeinrichtung (14, 114) sowohl für die Gemischzuströmung zu dem erstgenannten durchlässigen Körper (20, 120) als auch für die Gemischzuströmung zum weiteren durchlässigen Körper (20, 120) sorgt.

15

11. Brenneranordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß jeweilige Zuführeinrichtungen (14, 114) für die durchlässigen Körper (20, 120) vorgesehen und auf entgegengesetzten Seiten einer Trennwand (157) ausgebildet sind, auf einer oder mehreren in bezug auf die Strömungsrichtung (159) durch den durchlässigen Körper lateralen Seite bzw. Seiten jeweilige Eingänge (12, 112) für die Bestandteile des Gemisches aufweist.

20

12. Brenneranordnung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die oder jede Zuführeinrichtung (14, 114) einen bezogen auf die Strömungsrichtung durch den jeweiligen durchlässigen Körper seitlichen Eingang (12, 112) für das Gemisch aufweist.

25

13. Brenneranordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennwand (157) schräg zur Strömungsrichtung (159) durch die durchlässigen Körper steht und hierdurch für jeden durchlässigen Körper einen sich verjüngenden Eintrittsraum (133) bildet, der die Verteilung des einströmenden Gasgemisches auf die Eintrittsfläche (18, 118) begünstigt.

30



14. Brenneranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste durchlässige Körper (20, 120) und/oder der weitere durchlässige Körper (20, 120) eine metallische Struktur ist, beispielsweise in Form eines Metallnetzes.
- 5
15. Brenneranordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Metallnetz aus einer der folgenden Strukturen besteht:
- einem Drahtgeflecht, bspw. ähnlich einem Metallschewerschwam,
  - einem Metallschaum.
- 10
16. Brenneranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste durchlässige Körper (20, 120) und/oder der weitere durchlässige Körper (20, 120) eine keramische Struktur ist, beispielsweise in Form eines Monoliths.
- 15
17. Brenneranordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Monolith aus einem Schaum oder durchlässiger Struktur mit regelmäßiger oder unregelmäßiger Geometrie.
- 20
18. Brenneranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die heißen Abgase der Brenneranordnung eine Wärmerückgewinnungseinrichtung zugeführt werden, die ggf. am seitlichen Auslaß (131) anschließbar bzw. angeschlossen ist.
- 25
19. Brenneranordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmegewinnungseinrichtung in Form eines Wärmetauschers zur Erwärmung eines Materialstroms, wie bspw. eines Luftstroms, eines Wasserstoffstroms oder eines organischen Brennstoffstroms vorliegt.
- 30

20. Brennstoff-Aufbereitungssystem (Fig. 2, Fig. 3) bestehend aus einer Reformierungseinrichtung (56, 156) zum Umwandeln eines organischen Brennstoffs in ein wasserstoffreiches Synthesegas, insbesondere für den Betrieb von Brennstoffzellen, dadurch gekennzeichnet, daß die Reformierungseinrichtung (56, 156) mindestens auf einer Seite und vorzugsweise auf beiden Seiten durch Strahlungswärme von einem durchlässigen Körper (20, 120) einer jeweiligen Brenneranordnung (10, 50, 110), insbesondere einer Brenneranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 19, erhält.
21. Brennstoff-Aufbereitungssystem nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß jede Brenneranordnung über einen weiteren durchlässigem Körper (20, 120) verfügt, der Strahlungswärme an eine weitere Einrichtung des Brennstoff-Aufbereitungssystems abgibt, beispielsweise an eine Verdampfungseinrichtung (54) oder an eine Überhitzungseinrichtung (52) oder an eine weitere Reformierungseinrichtung (56, 156).

Zusammenfassung

- 5 Brenneranordnung für die Verbrennung eines Brenngas-/Sauerstoffgemisches gekennzeichnet durch einen für das Gemisch durchlässigen Körper, dessen den freien Strömungsquerschnitt definierenden Oberflächenbereiche mit einem Oxidationskatalysator bedeckt sind, durch eine auf einer Eintrittsseite des durchlässigen Körpers angeordnete Zuführeinrichtung für das Gemisch, welche das Gemisch auf zumindest im wesentlichen die gesamte wirksame Eintrittsfläche der Eintrittsseite verteilt, und durch eine der Zuführeinrichtung zugeordnete und die katalytische Verbrennungszone des durchlässigen Körpers von der Gemischzuströmung trennende, für diese jedoch durchlässige Lage, die als Rückzündungssicherung dient.
- 10
- 15

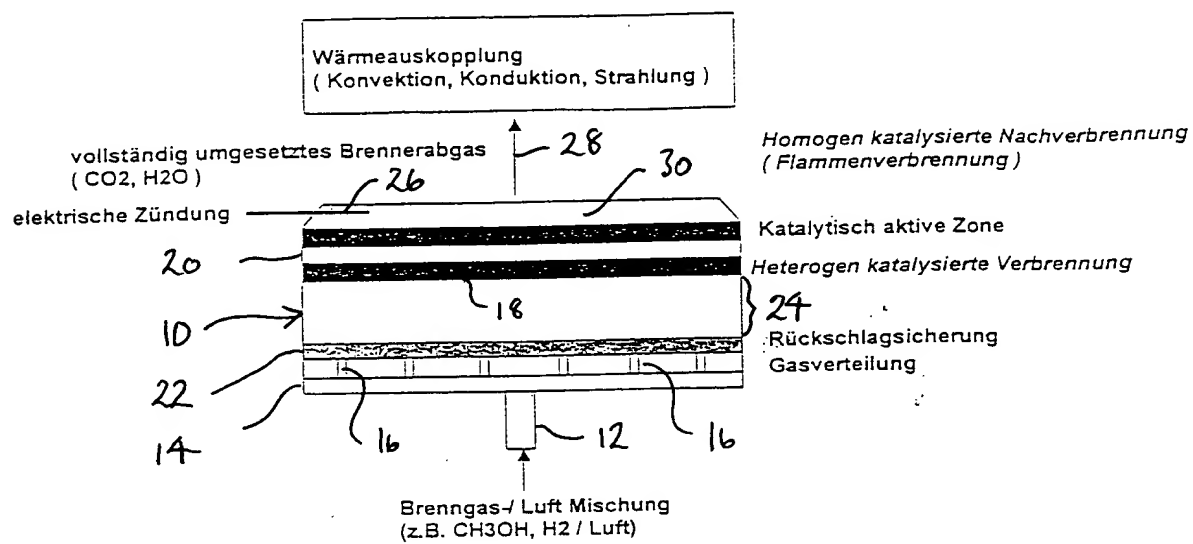


FIG. 1

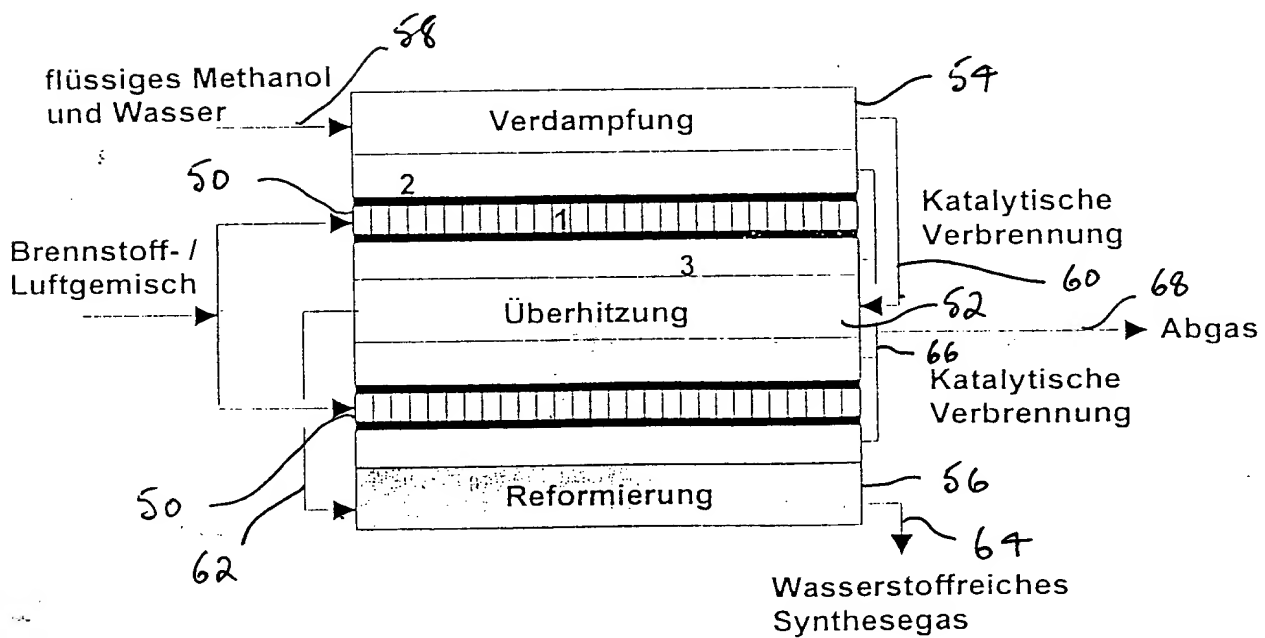


FIG. 2

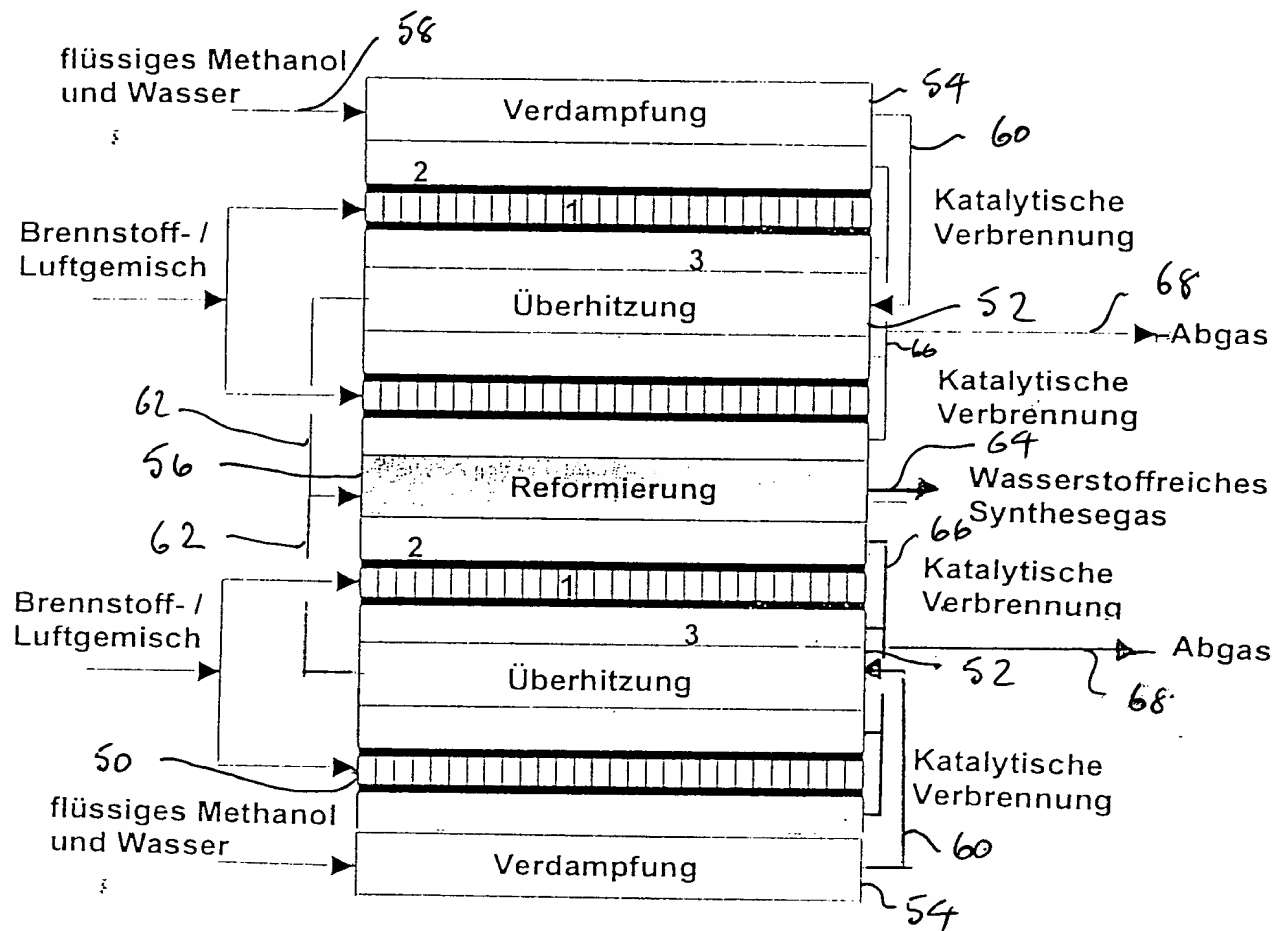


FIG. 3

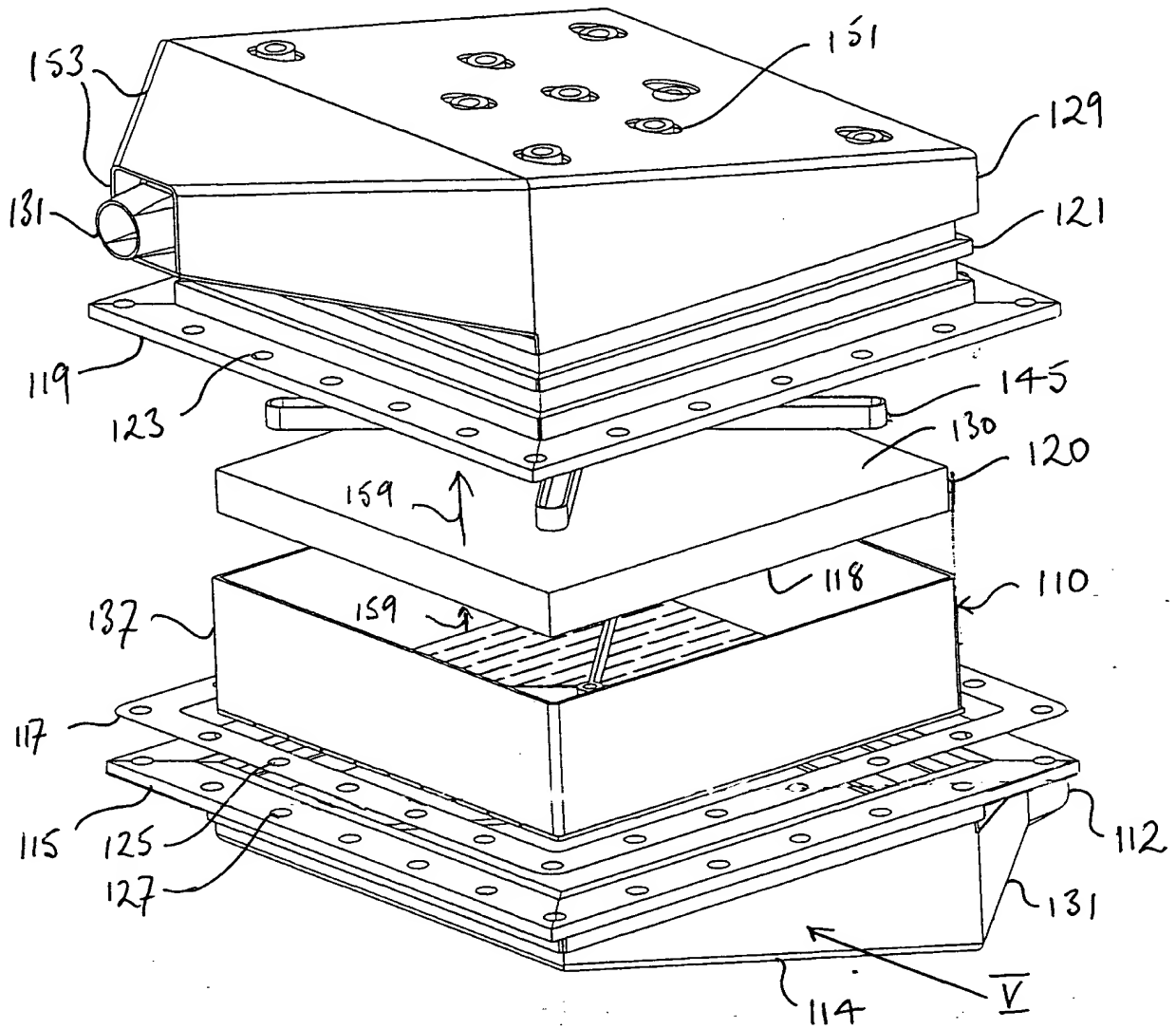


FIG. 4

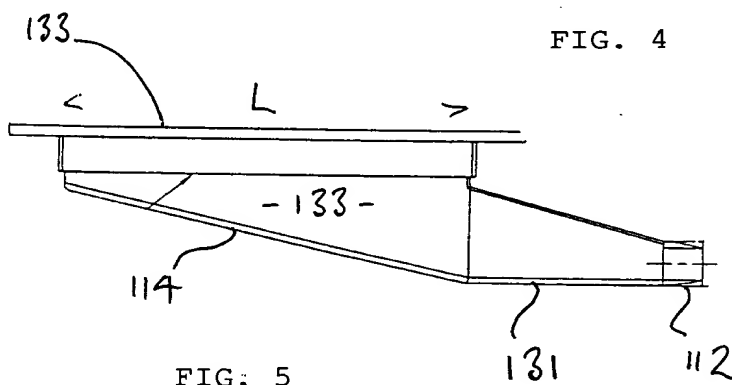


FIG. 5

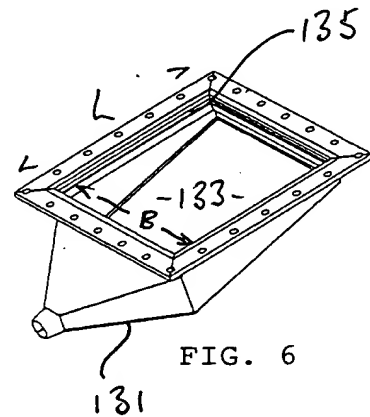
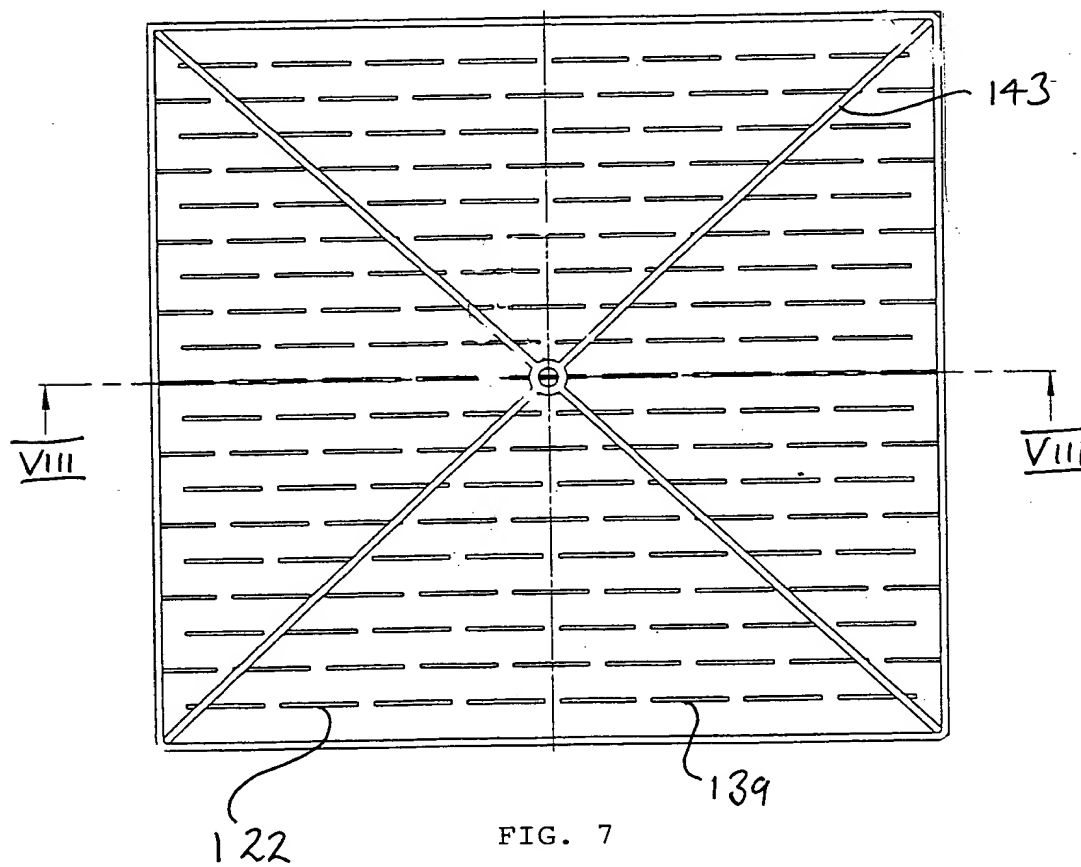
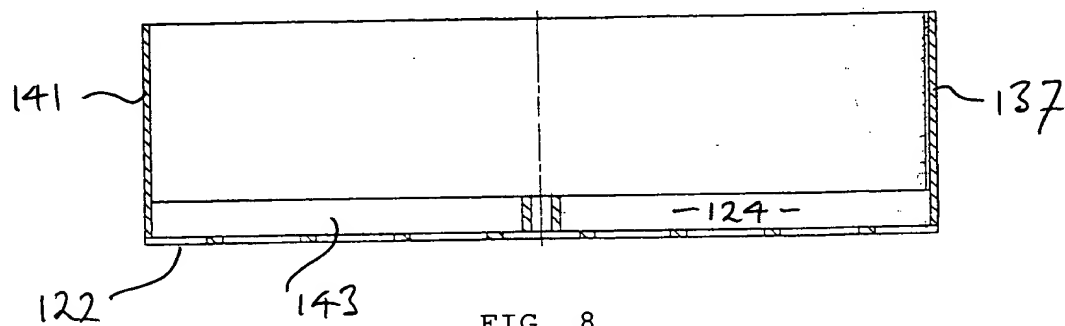


FIG. 6



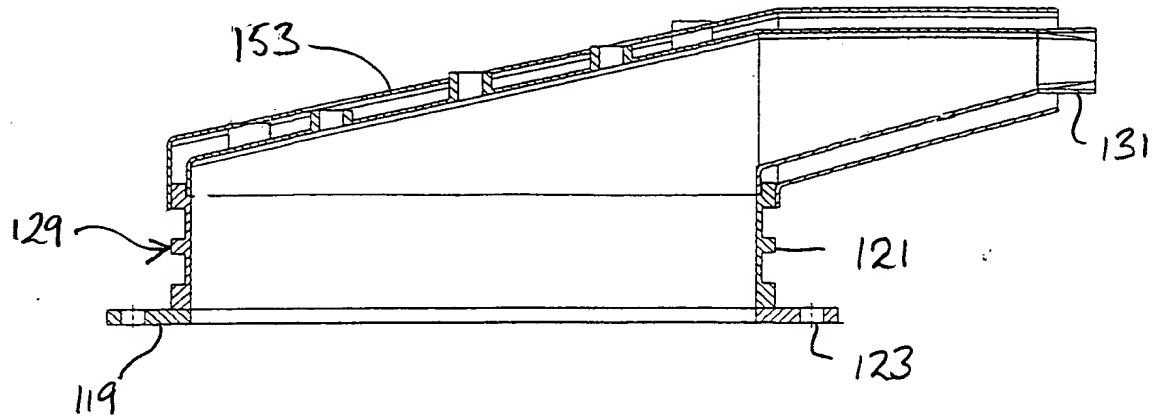


FIG. 10

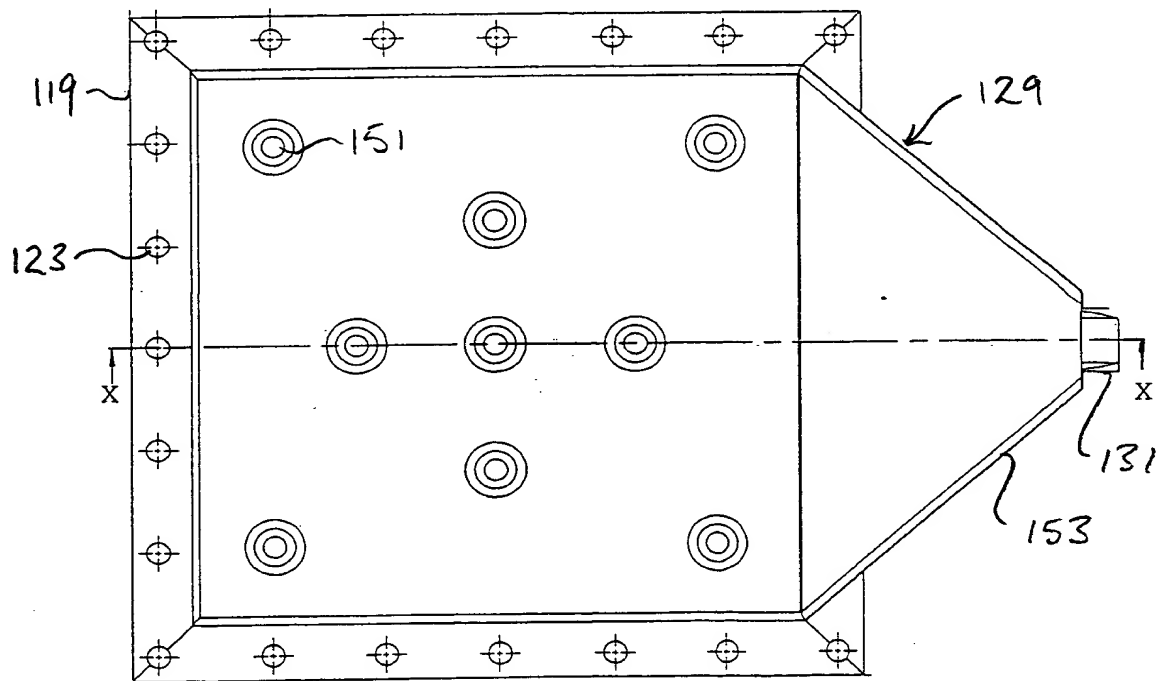


FIG. 9



